

深圳先进院高性能导热复合材料研究获系列进展

近期，中国科学院深圳先进技术研究院集成所先进材料中心研究员孙蓉团队在高性能导热复合材料研究中取得一系列进展。

现代电子器件逐渐向高度集成化和高功率化发展，如果器件内部产生的热量得不到有效地散发，将会引起热失效。为了保证电器器件的工作表现和寿命，有效的散热成为了制约电子产品发展的主要因素。解决散热问题依赖于热管理材料的发展。导热材料通常由导热填料和聚合物基体组成，溶液共混是制备含有随机分布填料的复合材料的常用方法。然而，由于内部填料之间缺少有效互连，这种复合材料的导热性能提高率通常很低。缺少填料组成的导热通路意味着声子将在填料/基体的界面处发生更多的散热，带来更大的界面热阻。另一方面，加入大量的填料 (>60 wt%/vol%) 虽然会得到较为理想的导热性能，但是却会严重影响复合材料的机械性能和加工性，难以实用。因此，对于导热复合材料，如何在一个较低的填料含量下实现高的导热系数仍是一大挑战。

团队导热小组么依民、曾小亮等通过对填料进行取向的结构设计，结合碳化硅纳米线的高导热系数和长径比，采用冰模板法制备了宏观取向的碳化硅线网络，并以此为填料制备了高导热复合材料。对于声子来说，穿过聚合物最便捷的方式是在聚合物内部建立填料组成的通道。因此，含有高导热线状填料的聚合物复合材料会显示出导热性能的巨大提高。该复合材料的导热提高效率是其他报道的导热绝缘复合材料效率的3~8倍，内部具有三维互连填料网络的高导热复合材料在热管理领域有很大的应用潜力。相关论文Vertically Aligned and Interconnected SiC Nanowire Networks Leading to Significantly Enhanced Thermal Conductivity of Polymer Composites (《具有面外取向碳化硅线网络的高导热复合材料》) 在线发表于期刊ACS Applied Materials & Interfaces (DOI: 10.1021/acsami.8b00328)。

该小组在三维氮化硼-石墨烯导热网络的构建方面也取得了研究进展。前期的研究者为了使得三维填料骨架有一定的机械强度，在三维骨架的制备过程中通常要加入粘结剂。然而，粘结剂与填料之间的声子谱不匹配会弱化填料骨架本身的传热，因此含有三维填料骨架的聚合物基复合材料的导热性能往往也不理想。项目团队以与声子传输性质相近的氮化硼和石墨烯为组装单元，构建了取向的声子导热网络。复合材料的面外导热系数达到了5.05 Wm⁻¹K⁻¹，高于其他报道的氮化硼基复合材料的导热数值。相关论文Construction of Three-dimensional Skeleton for Polymer Composites Achieving a High Thermal Conductivity (《构建含有三维导热网络的高性能复合材料》) 在线发表于期刊Small (DOI: 10.1002/smll.201704044)。

该小组还提出了一种新颖的材料成型方法。受限于成本与生产设备等因素，真空辅助抽滤技术和冰模板法自组装技术难以实现产业化，无法为我国电子材料产业做出贡献。因此，曾小亮课题组探索并发明了一种简易、快速以及宏量制备导热填料的方法。通过将含有填料的水系分散液直接滴入液氮、结合冷冻干燥以及简易的自动推进装置，可以成功构筑三维的气凝胶球状填料。这种球状填料具有大的孔隙率和比表面积，直接参与到导热网络的构建当中，可以有效地提高复合材料的导热性能，在自动推进装置的辅助下可以实现实验室规模的小批量生产。此外，这种特殊的微观结构在吸附及能源领域也表现出巨大的应用潜力。相关论文Liquid nitrogen driven assembly of nanomaterials into spongy millispheres for various applications (《液氮驱动制备多功能三维气凝胶球》) 在线发表于期刊Journal of Materials Chemistry A (DOI:10.1039/C8TA00310F)。

以上研究得到科技部重点研发专项(2017YFB0406000)、广东省创新科研团队(2011D052)、广东省重点实验室(2014B030301014)和深圳市科技计划项目等的资助。

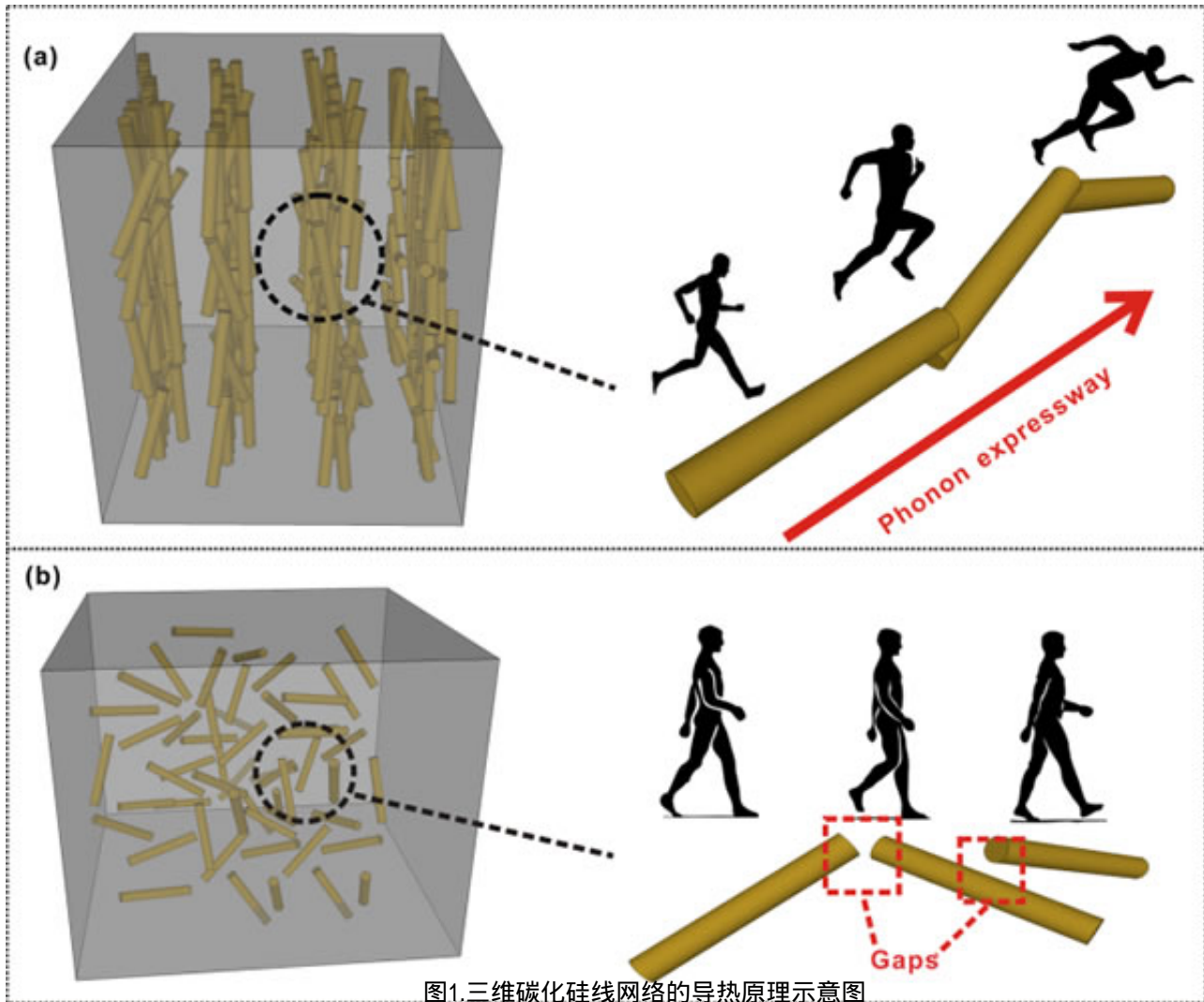


图1.三维碳化硅线网络的导热原理示意图

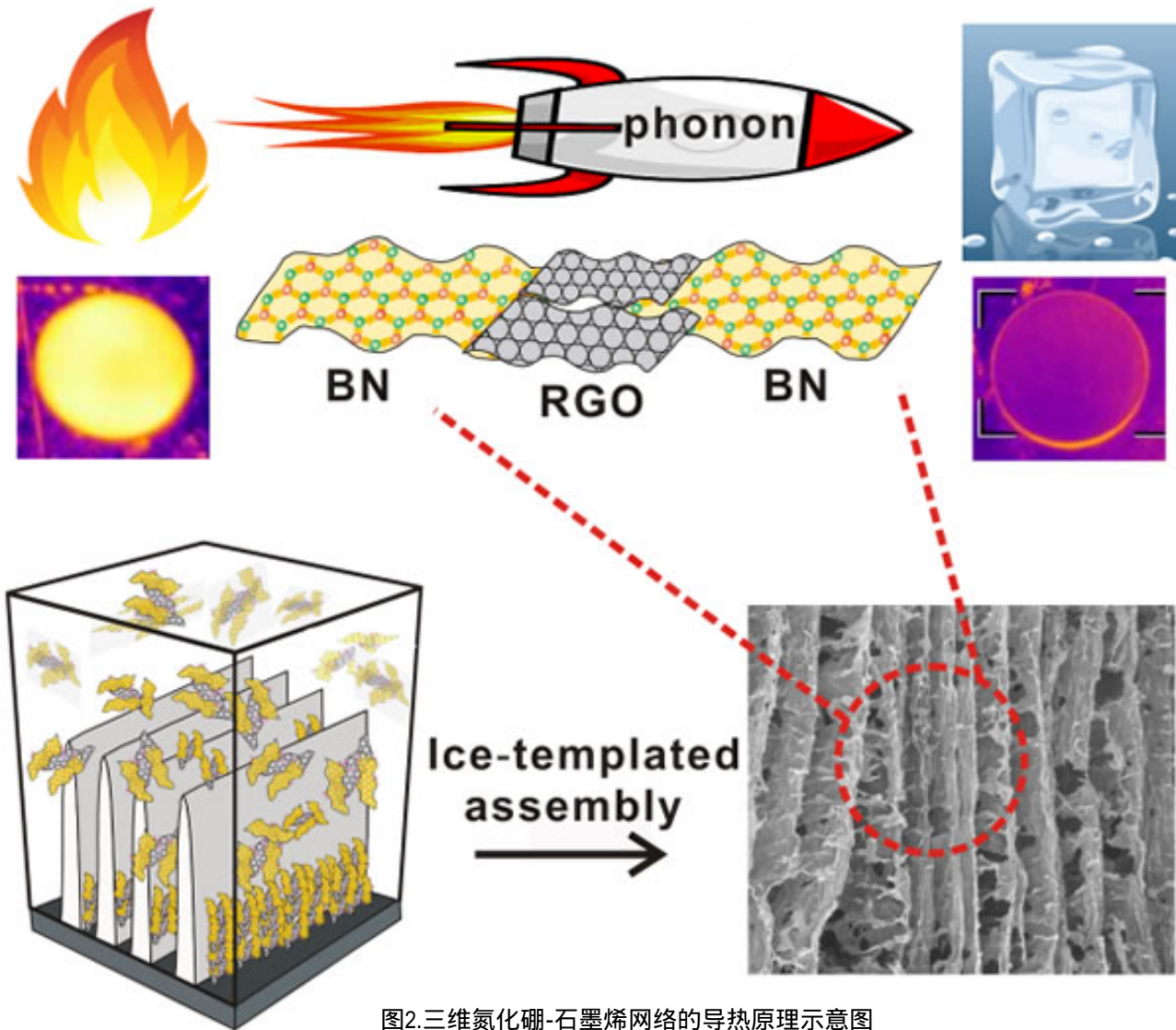


图2.三维氮化硼-石墨烯网络的导热原理示意图

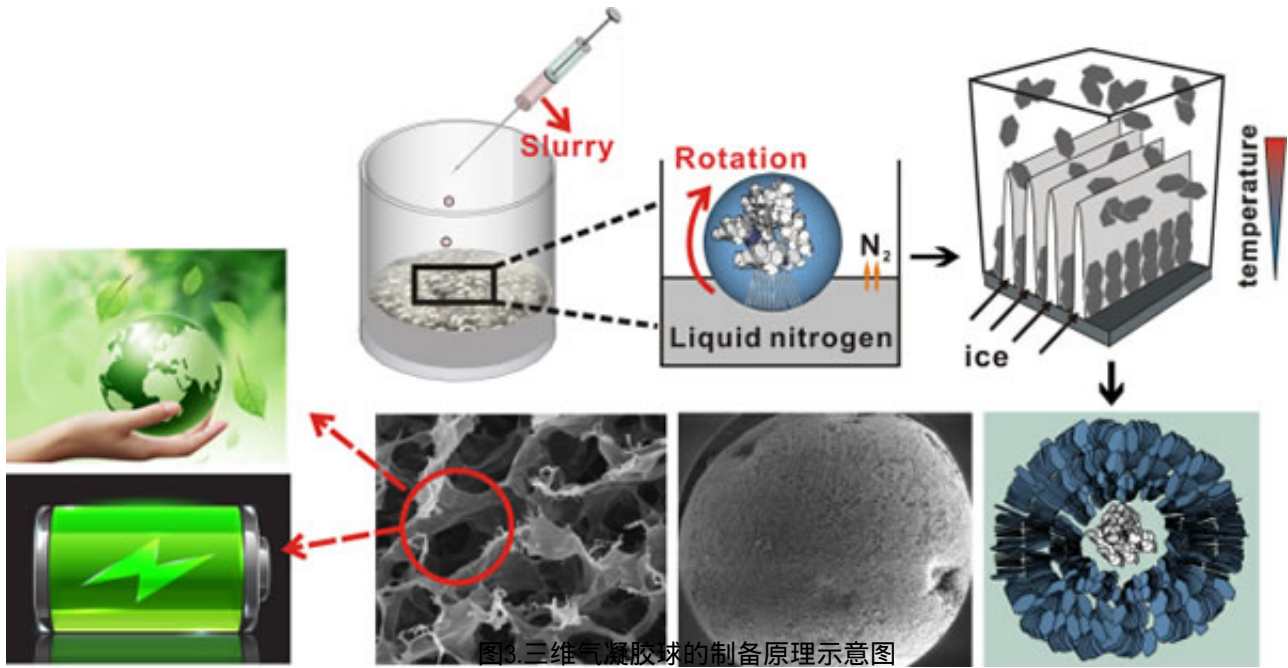


图3. 三维气凝胶球的制备原理示意图

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/124612.html>